

OPERADORES PARA
COMPOSIÇÃO PARALELA
(COMPOSIÇÃO SÍNCRONA E
ALFABETIZADA)

Alexandre Mota & Augusto Sampaio

Operadores de Composição Paralela

- Representam a execução paralela de dois ou mais processos:
 - ▣ fluxos de controles independentes
 - ▣ interações eventuais
- Utilizados para conectar os componentes de um sistema distribuído

Operadores de Composição Paralela

- CSP oferece várias alternativas variando as condições para interação:

- Composição paralela síncrona

$P \parallel Q$

- Composição paralela alfabetizada

$P [X \parallel Y] Q$

- Composição paralela generalizada

$P [\mid X \mid] Q$

- Entrelaçamento

$P \parallel \parallel Q$

Composição Paralela Síncrona

- Dados os processos P e Q , o processo

$P \parallel Q$

- executad P e Q em paralelo, sincronizando todos os eventos **em comum**:
 - a realização de um evento a de P só ocorre ao mesmo tempo que a realização de um evento a de Q
 - eventos diferentes são bloqueados (refutados)

Composição Paralela Síncrona

- $P \parallel Q$
 - oferece os eventos iniciais comuns a P e a Q , e espera até que haja uma comunicação
 - depois da comunicação de um evento a , comporta-se como $P' \parallel Q'$, onde P' e Q' comportam-se, respectivamente, como P e Q após a comunicação de a
 - é uma abreviação para $P \text{ [Events |] } Q$

Processos Paralelos e Sequenciais

$$\begin{aligned} & c?x:A \rightarrow P \quad || \quad c?y:B \rightarrow Q \\ = & \\ & c?z:(A \cap B) \rightarrow (P \quad || \quad Q) \end{aligned}$$

- Processos paralelos podem ser expressos como processos seqüenciais
- Os operadores de composição paralela são usados por razões pragmáticas:
 - expressividade e
 - composicionalidade

Exemplo de deadlock

P = (a -> a -> STOP)
[] (b -> STOP)

Q = (a -> STOP)
[] (c -> a -> STOP)

P [|Events|] Q = a -> STOP

Exemplo

Seja $\text{Events} = \{a\}$. Então

$\text{REPEAT} =$

$[]x: \text{Events} @ x \rightarrow x \rightarrow \text{REPEAT}$

$\text{REPEAT}a =$

$(a \rightarrow \text{REPEAT}) [| \text{Events} |] \text{REPEAT}$

$\text{AS} = a \rightarrow \text{AS}$

$\text{AS} = \text{REPEAT}a$

Exemplo

```
ATM1 = incard?c -> pin.fpin(c) ->
      req?n -> dispense!n ->
      outcard.c -> ATM1
```

```
CUST1(card) =
  incard.card -> pin?p:S(card) ->
  req.50 ->
  dispense?x:{y | y <- WA, y >=50} ->
  outcard.card -> CUST1(card)
```

Exemplo

$ATM1 \text{ and } CUST1(\text{card}) =$
 $ATM1 [|Events|] CUST1(\text{card})$

$SeqATMC(\text{card}) =$
 $\text{incard.card} \rightarrow \text{pin.fpin}(\text{card}) \rightarrow$
 $\text{req.50} \rightarrow \text{dispense.50} \rightarrow$
 $\text{outcard.card} \rightarrow SeqATMC(\text{card})$

- **Se $\text{fpin}(x)$ pertence a $S(x)$ então**
 $ATM1 \text{ and } CUST1(x) = SeqATMC(x)$

Traces e Leis

- $\text{traces}(P \parallel Q) = \text{traces}(P) \cap \text{traces}(Q)$
- $\text{traces}(P \parallel P) = \text{traces}(P)$
- $P \parallel \text{STOP} = \text{STOP}$
- $P \parallel \text{RUN}(\text{Events}) = P$

~~$P \parallel P = P$~~

**Modelo de falhas e
divergências!!!**

Composição Paralela Alfabetizada

- Dados os processos P e Q e os conjuntos de eventos X e Y , o processo

$$P \parallel [X \mid Y] Q$$

executa P e Q em paralelo, mas só sincronizando os eventos comuns a X e a Y

- $P \parallel (Q)$ só pode realizar os eventos em X (Y)

Composição Paralela Alfabetizada

- $P \parallel Y \parallel Q$
 - quando $X=Y=Events$ é abreviado por $P \parallel Q$
 - sendo A e B respectivamente os eventos iniciais de P e Q , oferece inicialmente o seguinte conjunto de eventos:
 - $C = (A \cap (X \setminus Y)) \cup (B \cap (Y \setminus X)) \cup (A \cap B \cap X \cap Y)$

Processos Paralelos e Seqüenciais

$P = c?x:A \rightarrow P'$

$Q = c?x:B \rightarrow Q'$

$=$

$P \ [X \ || \ Y] \ Q$

$c?x:C \rightarrow$

 if (x ∈ X) then P' else P

$[X \ || \ Y]$

 if (x ∈ Y) then Q' else Q

Exemplo

$COPY'(a, b) = a?x \rightarrow b!x \rightarrow$
 $COPY'(a, b)$

$CC0 = COPY'(aa, bb)$
 $[\{ |aa, bb| \} \mid \{ |bb, cc| \}]$
 $COPY'(bb, cc)$

Exemplo

$CC0' = aa?x \rightarrow CC1'(x)$

$CC1'(x) = bb!x \rightarrow CC2'(x)$

$CC2'(x) = \begin{array}{l} cc!x \rightarrow CC0' \\ [] aa?y \rightarrow CC3'(x,y) \end{array}$

$CC3'(x,y) = cc!x \rightarrow CC1'(y)$

Traces e Leis

- $\text{traces}(P [X || Y] Q) =$
 $\{ s \in (X \cup Y)^* \mid$
 $\quad s \uparrow X \in \text{traces}(P) \wedge$
 $\quad s \uparrow Y \in \text{traces}(Q)$
 $\}$
- $P [X || Y] (Q \mid \sim \mid R)$
 $=$
 $(P [X || Y] Q) \mid \sim \mid (P [X || Y] R)$

Exercícios

- Do livro texto
 - ▣ Essenciais: 2.1.2, 2.2.4
 - ▣ Opcionais: 2.1.1, 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3